

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2002-358609**

(43)Date of publication of application : **13.12.2002**

(51)Int.Cl.

G11B 5/39  
G01R 31/02  
G01R 33/09  
G11B 5/455  
H01F 10/32  
H01L 43/08  
H01L 43/12

(21)Application number : **2001-165916** (71)Applicant : **TDK CORP**

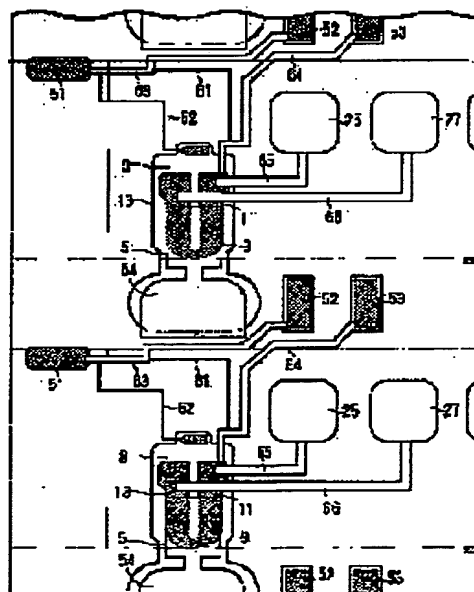
(22)Date of filing : **31.05.2001** (72)Inventor : **ASATANI TAKASHI  
KIMURA FUJIMI  
SAWAI KIYOTAKE  
HASEGAWA YASUHIRO  
KUWAJIMA TETSUYA**

### (54) THIN FILM MAGNETIC HEAD ASSEMBLY, AND METHOD AND DEVICE FOR MEASURING ITS INSULATION CHARACTERISTICS

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a thin film magnetic head assembly capable of preventing deterioration or destruction of insulation in process and measuring the insulation characteristics of an insulation film existing between a shield film and an electrode film without cutting a resistance film connecting both films.

**SOLUTION:** A first measuring terminal 51 is electrically connected through a first resistance film 61 to first and second electrode films 11 and 13, and through a second resistance film 62 to a first shield film 3. A second measuring terminal 52 is electrically connected to the first resistance film 61 in the first measuring terminal 51 side. A third measuring terminal 53 is connected to the primary resistance film 61 in the first shield



**BEST AVAILABLE COPY**

film 3 side. A fourth measuring terminal 54 is electrically connected to the first shield film 3. The first to fourth measuring terminals 51 to 54 are exposed to the outside.

---

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.06.2001

[Date of sending the examiner's  
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision of  
rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3511601

[Date of registration] 16.01.2004

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-358609

(P2002-358609A)

(43) 公開日 平成14年12月13日 (2002. 12. 13)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
G 1 1 B	5/39	C 1 1 B 5/39	2 G 0 1 . 4
G 0 1 R	31/02	C 0 1 R 31/02	2 G 0 1 . 7
	33/09	C 1 1 B 5/455	Z 5 D 0 3 4
G 1 1 B	5/455	H 0 1 F 10/32	5 E 0 4 9
H 0 1 F	10/32	H 0 1 L 43/08	Z
審査請求 有 請求項の数26 O L (全 17 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-165916(P2001-165916)

(22) 出願日 平成13年5月31日(2001. 5. 31)

(71) 出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72) 発明者 麻谷 崇史

東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(72) 発明者 木村 富士巳

東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(74) 代理人 100081606

弁理士 阿部 美次郎

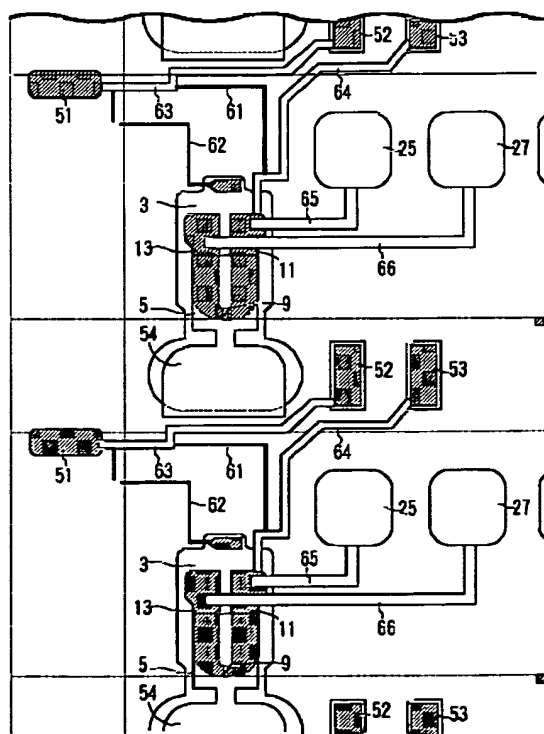
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド集合体、その絶縁特性測定方法及び絶縁特性測定装置

## (57) 【要約】

【課題】 工程中において、絶縁劣化、絶縁破壊を防止できると共に、シールド膜と電極膜との間に存在する絶縁膜の絶縁特性を、両者を接続する抵抗膜を切断することなく測定し得る薄膜磁気ヘッド集合体を提供する。

【解決手段】 第1の測定用端子51は、第1の抵抗膜61を介して、第1、第2の電極膜11、13に電気的に導通され、第2の抵抗膜62を介して、第1のシールド膜3に電気的に接続されている。第2の測定用端子52は、第1の測定用端子51の側において、第1の抵抗膜61に電気的に導通する。第3の測定用端子53は、第1のシールド膜3の側において、第1の抵抗膜61に接続される。第4の測定用端子54は、第1のシールド膜3に電気的に導通する。第1乃至第4の測定用端子51〜54は外部に露出されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基体上に複数の薄膜磁気ヘッド要素を有する薄膜磁気ヘッド集合体であって、

前記薄膜磁気ヘッド要素のそれぞれは、第1のシールド膜と、第1の絶縁膜と

、磁気抵抗効果素子と、第1の電極膜と、第2の電極膜と、第2の絶縁膜と、第2のシールド膜と、第1及び第2の抵抗膜と、第1乃至第4の測定用端子とを含んでおり、

前記第1の絶縁膜は、前記第1のシールド膜の上に備えられており、

前記磁気抵抗効果素子は、前記第1の絶縁膜によって支持されており、

前記第1及び第2の電極膜は、前記第1の絶縁膜によって支持され、前記磁気抵抗効果素子に接続されており、

前記第2の絶縁膜は、前記第1の電極膜、前記第2の電極膜及び前記磁気抵抗効果素子を覆っており、

前記第2のシールド膜は、前記第2の絶縁膜の上に備えられており、

前記第1の測定用端子は、前記第1の抵抗膜を介して、前記第1または第2の電極膜に電氣的に導通され、前記第2の抵抗膜を介して前記第1のシールド膜に電氣的に接続され、端面が外部に露出しており、

前記第2の測定用端子は、前記第1の測定用端子の側において、前記第1及び第2の抵抗膜に電氣的に導通し、端面が外部に露出しており、

前記第3の測定用端子は、前記第1のシールド膜の側において、前記第1の抵抗膜に接続され、端面が外部に露出されており、

前記第4の測定用端子は、前記第1のシールド膜に電氣的に導通し、端面が外部に露出している薄膜磁気ヘッド集合体。

【請求項2】 基体上に複数の薄膜磁気ヘッド要素を有する薄膜磁気ヘッド集合体であって、

前記薄膜磁気ヘッド要素のそれぞれは、第1のシールド膜と、第1の絶縁膜と、磁気抵抗効果素子と、第1の電極膜と、第2の電極膜と、第2の絶縁膜と、第2のシールド膜と、第1及び第2の抵抗膜と、第1乃至第4の測定用端子とを含んでおり、

前記第1の絶縁膜は、前記第1のシールド膜の上に備えられており、

前記磁気抵抗効果素子は、前記第1の絶縁膜によって支持されており、

前記第1及び第2の電極膜は、前記第1の絶縁膜によって支持され、前記磁気抵抗効果素子に接続されており、

前記第2の絶縁膜は、前記第1の電極膜、前記第2の電極膜及び前記磁気抵抗効果素子を覆っており、

前記第2のシールド膜は、前記第2の絶縁膜の上に備えられており、

前記第1の測定用端子は、前記第1の抵抗膜を介して、

前記第1または第2の電極膜に電氣的に導通され、前記第2の抵抗膜を介して、前記第2のシールド膜に電氣的に接続され、端面が外部に露出しており、

前記第2の測定用端子は、前記第1の測定用端子の側において、前記第1及び前記第2の抵抗膜に電氣的に導通し、端面が外部に露出しており、

前記第3の測定用端子は、前記第2のシールド膜の側において、前記第1の抵抗膜に接続され、端面が外部に露出されており、

前記第4の測定用端子は、前記第2のシールド膜に電氣的に導通し、端面が外部に露出している薄膜磁気ヘッド集合体。

【請求項3】 請求項1または2の何れかに記載された薄膜磁気ヘッド集合体であって、前記第1の抵抗膜及び前記第2の抵抗膜の抵抗値は、100Ω～100kΩの範囲にある薄膜磁気ヘッド集合体。

【請求項4】 請求項1乃至3の何れかに記載された薄膜磁気ヘッド集合体であって、

前記基体は、ウエハであり、

前記薄膜磁気ヘッド要素は、前記基体上に行列状に配列されている薄膜磁気ヘッド集合体。

【請求項5】 請求項1乃至3の何れかに記載された薄膜磁気ヘッド集合体であって、

前記基体は、バー状であり、

前記薄膜磁気ヘッド要素は、前記基体の長手方向に沿って配列されている薄膜磁気ヘッド集合体。

【請求項6】 請求項1乃至5の何れかに記載された薄膜磁気ヘッド集合体であって、前記磁気抵抗効果素子は、スピバルブ膜構造を有する薄膜磁気ヘッド集合体。

【請求項7】 請求項1乃至5の何れかに記載された薄膜磁気ヘッド集合体であって、前記磁気抵抗効果素子は、強磁性トンネル接合素子である薄膜磁気ヘッド集合体。

【請求項8】 請求項1乃至5の何れかに記載された薄膜磁気ヘッド集合体であって、前記磁気抵抗効果素子は、ペロブスカイト型磁性体を含む薄膜磁気ヘッド集合体。

【請求項9】 請求項1乃至8の何れかに記載された薄膜磁気ヘッド集合体であって、更に、誘導型磁気変換素子を含む薄膜磁気ヘッド集合体。

【請求項10】 請求項9に記載された薄膜磁気ヘッド集合体であって、前記誘導型磁気変換素子は、前記第2のシールド膜を磁気回路の一部として利用する薄膜磁気ヘッド集合体。

【請求項11】 請求項1乃至10の何れかに記載された薄膜磁気ヘッド集合体であって、前記第1の測定用端子または前記第2の測定用端子の何れか一方は省略されている薄膜磁気ヘッド集合体。

【請求項12】 請求項1乃至11の何れかに記載され

た薄膜磁気ヘッド集合体であって、前記第1のシールド膜及び第2のシールド膜に電気的に導通している薄膜磁気ヘッド集合体。

【請求項13】 請求項1乃至12の何れかに記載された薄膜磁気ヘッド集合体であって、更に、第3の抵抗膜と、第5の測定用端子と、第6の測定用端子とを含み、前記第3の抵抗膜は、前記第1のシールド膜と前記第2のシールド膜との間に配置されており、前記第5及び第6の測定用端子は、前記第1のシールド膜に電気的に導通し、端面が外部に露出している薄膜磁気ヘッド集合体。

【請求項14】 請求項1乃至13の何れかに記載された薄膜磁気ヘッド集合体であって、更にガード導体膜を含み、前記ガード導体膜は、前記第2または第3の測定用端子の少なくとも一方を包囲する薄膜磁気ヘッド集合体。

【請求項15】 請求項14に記載された薄膜磁気ヘッド集合体であって、前記ガード導体膜は、前記第2の測定用端子に導通し、前記第3の測定用端子を包囲する薄膜磁気ヘッド集合体。

【請求項16】 請求項15に記載された薄膜磁気ヘッド集合体であって、前記ガード導体膜は、前記第3の測定用端子に導通し、前記第2の測定用端子を包囲する薄膜磁気ヘッド集合体。

【請求項17】 請求項16に記載された薄膜磁気ヘッド集合体であって、前記ガード導体膜は、前記第2及び第3の測定用端子の両者を包囲する前記薄膜磁気ヘッド集合体。

【請求項18】 請求項1乃至12の何れかに記載された薄膜磁気ヘッド集合体に含まれる前記薄膜磁気ヘッド要素の絶縁特性を測定する方法であって、前記第1の測定用端子と前記第4の測定用端子との間に電圧を印加し、前記第2の測定用端子と前記第3の測定用端子との間に現れる電位差より、絶縁特性を測定する方法。

【請求項19】 請求項13に記載された薄膜磁気ヘッド集合体に含まれる前記薄膜磁気ヘッド要素の絶縁特性を測定する方法であって、前記第1の測定用端子と前記第5の測定用端子との間に電圧を印加し、前記第2の測定用端子と前記第3の測定用端子との間に現れる電位差、及び、前記第6の測定用端子と、前記第4の測定用端子との間に現れる電位差より、絶縁特性を測定する

【請求項20】 請求項14乃至17の何れかに記載された薄膜磁気ヘッド集合体に含まれる前記薄膜磁気ヘッド要素の絶縁特性を測定する方法であって、前記ガード導体膜を接地し、前記第1の測定用端子と前記第4の測定用端子との間に電圧を印加し、

前記第2の測定用端子と前記第3の測定用端子との間に現れる電位差より、絶縁特性を測定する方法。

【請求項21】 請求項18乃至20の何れかに記載された方法であって、電圧を印加するステップは、印加する電圧の値を変化させて複数回実行し、それぞれのステップで得られた前記電位差の差分、及び、印加電圧値の差分から絶縁特性を算出する方法。

【請求項22】 請求項18乃至20の何れかに記載された方法であって、印加電圧を連続的に変化させ、前記印加電圧に対する前記電位差の応答から絶縁特性を算出する方法。

【請求項23】 直流電源と、電圧計とを含み、請求項18乃至22の何れかに記載された方法の実施に用いられる装置であって、

前記直流電源は、直流電源と、ケーブルとを含み、前記ケーブルは一端が前記直流電源の陽極及び陰極に接続され、他端がプローブに接続されており、前記電圧計は、電圧計と、ケーブルとを含み、前記ケーブルは一端が前記電圧計の陽極及び陰極に接続され、他端がプローブに接続されている絶縁特性測定装置。

【請求項24】 請求項23に記載された装置であって、前記ケーブルは、シールドを備える平衡伝送ケーブル、ガード線付ツイストペア線、または、3芯BNC線の何れかを含み、前記プローブは、前記シールドに接続される接触子と、陽極に接続される接触子と、陰極に接続される接触子とを含む装置。

【請求項25】 請求項24に記載された装置であって、更に切替部を含み、前記直流電源及び前記電圧計のそれぞれは、複数の前記ケーブルを含み、前記切替部は、前記電圧計に含まれる1個の前記電圧計に対して、前記複数のケーブルを、選択的に切替接続する装置。

【請求項26】 請求項25に記載された装置であって、前記切替部は、機械的接点を有する切替リレーを含み、前記接点は熱起電力の小さな材質からなる装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、薄膜磁気ヘッド集合体、その電気絶縁特性測定方法及び電気絶縁特性測定装置に関する。本発明において、薄膜磁気ヘッド集合体は、ウエハ状及びバー状の両タイプを含む。ウエハ状薄膜磁気ヘッド集合体において、基体はウエハであり、薄膜磁気ヘッド要素はこの基体上に行列状に配列されている。バー状薄膜磁気ヘッド集合体において、基体はバー状であり、薄膜磁気ヘッド要素は、基体の長手方向に沿

って配列されている。バー状薄膜磁気ヘッド集合体は、ウエハ状薄膜磁気ヘッド集合体から切断によって切り出されたものである。

【0002】

【従来の技術】磁気異方性抵抗効果膜、スピンバルブ膜、または、強磁性トンネル接合効果素子等の磁気抵抗効果素子を、読み取り素子として用いた薄膜磁気ヘッドでは、磁気抵抗効果素子及びその電極膜を、アルミナ等である絶縁膜に埋設した構造になっている。絶縁膜の両側には第1のシールド膜及び第2のシールド膜が備えられている。

【0003】上記構造において、電極膜と、第1のシールド膜または第2のシールド膜との間に存在する絶縁膜に、絶縁劣化または絶縁破壊等が発生すると、電気雑音が大きくなったり、あるいは電磁変換特性が悪化する等の問題を生じる。

【0004】絶縁膜の絶縁劣化または絶縁破壊等を防止する手段として、特開平8-293018号公報は、ウエハ工程の間は電極膜とシールド膜との間の電氣的接続を維持し、ウエハ工程終了後に両者間の電氣的接続を切断する技術を開示している。

【0005】しかし、ウエハ工程において、電極膜とシールド膜との間に存在する絶縁膜の絶縁特性を測定することができない。薄膜磁気ヘッドとして取り出された後に、絶縁特性測定作業を行わなければならない。従って、ウエハ工程において、電極膜とシールド膜との間に存在する絶縁膜に、絶縁劣化または絶縁破壊を生じて、それを知ることができない。このため、歩留の低下を招くとともに、薄膜磁気ヘッド毎の個別的な絶縁特性測定作業が必要になるために、その作業が著しく面倒になる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、工程中に、シールド膜と電極膜との間の絶縁膜の絶縁劣化または絶縁破壊を防止し得る薄膜磁気ヘッド集合体、及び、その絶縁特性測定方法を提供することである。

【0007】本発明のもう一つの課題は、シールド膜と電極膜との間の絶縁特性を、両者を接続する導電膜を切断することなく測定し得る薄膜磁気ヘッド集合体、及び、その絶縁特性測定方法を提供することである。

【0008】本発明の更にもう一つの課題は、絶縁特性測定方法の実施に好適な絶縁特性測定装置を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上述した課題解決のため、本発明に係る薄膜磁気ヘッド集合体は、基体上に複数の薄膜磁気ヘッド要素を有する。前記薄膜磁気ヘッド要素のそれぞれは、第1のシールド膜と、第1の絶縁膜と、磁気抵抗効果素子と、第1の電極膜と、第2の電極膜と、第2の絶縁膜と、第2のシールド膜と、第1及び

第2の抵抗膜と、第1乃至第4の測定用端子とを含んでいる。

【0010】前記第1の絶縁膜は、前記第1のシールド膜の上に備えられており、前記磁気抵抗効果素子は、前記第1の絶縁膜によって支持されており、前記第1及び第2の電極膜は、前記第1の絶縁膜によって支持され、前記磁気抵抗効果素子に接続されている。前記第2の絶縁膜は、前記第1の電極膜、前記第2の電極膜及び前記磁気抵抗効果素子を覆っている。前記第2のシールド膜は、前記第2の絶縁膜の上に備えられている。

【0011】前記第1の測定用端子は、前記第1の抵抗膜を介して、前記第1の電極または前記第2の電極膜に電氣的に導通され、前記第2の抵抗膜を介して、前記第1のシールド膜に電氣的に接続され、端面が外部に露出されている。

【0012】前記第2の測定用端子は、前記第1の測定用端子の側において、前記第1の抵抗膜に電氣的に導通し、端面が外部に露出されている。

【0013】前記第3の測定用端子は、前記第1のシールド膜の側において、前記第1の抵抗膜に接続され、端面が外部に露出されている。

【0014】前記第4の測定用端子は、前記第1のシールド膜に電氣的に導通し、端面が外部に露出されている。

【0015】上述したように、薄膜磁気ヘッド要素のそれぞれにおいて、第1の絶縁膜は、第1のシールド膜の上に備えられており、第1の絶縁膜の上に磁気抵抗効果素子、第1の電極膜及び第2の電極膜が備えられているから、磁気抵抗効果素子は、磁気ヘッドに加工した時に第1のシールド膜によってシールドされる。

【0016】第2の絶縁膜は、第1の電極膜、第2の電極膜及び磁気抵抗効果素子を覆っており、第2のシールド膜は第2の絶縁膜の上に備えられているから、磁気抵抗効果素子並びに第1及び第2の電極膜が、第2のシールド膜によってシールドされる。

【0017】本発明に係る薄膜磁気ヘッド集合体において、複数の薄膜磁気ヘッド要素のそれぞれは、更に、第1及び第2の抵抗膜と、第1乃至第4の測定用端子とを含んでいる。

【0018】第1の測定用端子は、第1の抵抗膜を介して、第1または第2の電極膜に電氣的に導通され、第2の抵抗膜を介して、第1のシールド膜に電氣的に接続されている。従って、第1または第2の電極膜と、第1のシールド膜とは、第1の測定用端子、第1及び第2の抵抗膜を介して、電氣的に接続され、電氣的に等電位になる。このため、工程において、第1及び第2の電極膜と、第1のシールド膜との間に存在する第1の絶縁膜に電圧が加わることがないから、第1の絶縁膜に絶縁劣化または絶縁破壊を生じるのを防止できる。

【0019】更に、第2の測定用端子は、第1の測定用

端子の側において、第1の抵抗膜に電氣的に導通する。第3の測定用端子は、第1のシールド膜の側において、第1の抵抗膜に接続されている。第4の測定用端子は第1のシールド膜に電氣的に導通し、端面が外部に露出されている。

【0020】上記構成によれば、第1の測定用端子と第4の測定用端子との間に、電圧を印加し、第2の測定用端子と第3の測定用端子との間に現れる電位差を測定することより、第1の絶縁層の電気絶縁抵抗を測定することができる。第2の測定用端子は、第1の測定用端子の側において、第1の抵抗膜に電氣的に導通し、第3の測定用端子は第1のシールド膜の側において第1の抵抗膜に接続されているので、第2の測定用端子と第3の測定用端子との間に現れる電位差は、第1の抵抗膜の抵抗値による電圧降下分である。

【0021】第1乃至第4の測定用端子は外部に露出しているから、電気絶縁抵抗測定に当って、第1乃至第4の測定用端子に、給電用プローブまたは測定プローブを当てることができる。

【0022】この電気絶縁抵抗測定法によれば、第1のシールド膜と第1または第2の電極膜とを接続する第1の抵抗膜及び第2の抵抗膜を切断する必要がない。このため、製造工程が短縮され、量産性が向上するとともに、加工ミスの確率を低下させ、歩留を向上させることができる。

【0023】上記態様は、第1の絶縁膜の絶縁抵抗を測定するのに適した構成である。第2の絶縁膜の絶縁抵抗を測定する場合は、第1の測定用端子は、第1の抵抗膜を介して、第1の電極または第2の電極膜に電氣的に導通され、第2の抵抗膜を介して、第2のシールド膜に電氣的に接続される。第2の測定用端子は、第1の測定用端子の側において、第1の抵抗膜に電氣的に導通する。第3の測定用端子は、第2のシールド膜の側において、前記第1の抵抗膜に接続される。第4の測定用端子は、第2のシールド膜に電氣的に導通する。

【0024】この場合、第1の測定用端子は、第1の抵抗膜によって、第1または第2の電極膜に電氣的に導通され、第2の抵抗膜を介して、第2のシールド膜に電氣的に接続されている。従って、第1または第2の電極膜と、第2のシールド膜とは、第1の測定用端子、第1及び第2の抵抗膜を介して、電氣的に接続され、電氣的に等電位になる。このため、工程において、第1及び第2の電極膜と、第2のシールド膜との間に存在する第2の絶縁膜に電圧が加わることがないから、第2の絶縁膜に絶縁劣化または絶縁破壊を生じるのを防止できる。

【0025】更に、第2の測定用端子は、第1の測定用端子の側において、第1の抵抗膜に電氣的に導通する。第3の測定用端子は、第2のシールド膜の側において、第1の抵抗膜に接続されている。第4の測定用端子は第2のシールド膜に電氣的に導通される。この構成によれ

ば、第1の測定用端子と第4の測定用端子との間に、電圧を印加し、第2の測定用端子と第3の測定用端子との間に現れる電位差を測定することより、第2の絶縁層の電気絶縁抵抗を測定することができる。

【0026】第1乃至第4の測定用端子は外部に露出しているから、電気絶縁抵抗測定に当って、第1乃至第4の測定用端子に、給電用プローブまたは測定プローブを当てることができる。

【0027】電気絶縁抵抗の測定に当っては、第2のシールド膜と電極膜とを接続する導電膜を切断する必要がない。このため、製造工程が短縮され、量産性が向上するとともに、加工ミスの確率を低下させ、歩留を向上させることができる。

【0028】更に、第1及び第2の絶縁膜の絶縁抵抗を同時に測定する場合は、上述の2つの態様の何れにおいても、第1のシールド膜及び第2のシールド膜を電氣的に導通させる。具体的には、第4の測定用端子の部分で、第1及び第2のシールド膜を電氣的に導通させる構造が考えられる。これにより、第1及び第2のシールド膜が電氣的に等電位になるから、等電位となる第1及び第2のシールド膜と、第1または第2の電極との間に介在する第1及び第2の絶縁膜の絶縁抵抗を、並列に接続した合成抵抗を測定することができる。その値は、第1及び第2の絶縁膜のうち、絶縁破壊等を起こし、絶縁抵抗値の低下した絶縁膜の抵抗値によって支配されるから、第1及び第2の絶縁膜の何れかに絶縁破壊等が起こっていることを検知することができる。

【0029】一般には、第1のシールド膜及び第2のシールド膜に電氣的に導通させる。これとは異なって、第1のシールド膜と第2のシールド膜との間に第3の抵抗膜を配置してもよい。この場合は、第1の測定用端子と第4の測定用端子との間に電圧を印加し、第2の測定用端子と第3の測定用端子との間に現れる電位差、及び、第3の抵抗膜の端子間電位差より、絶縁特性を測定することができる。

【0030】更に、第2または第3の測定用端子の少なくとも一方を包囲するガード導体膜を設け、基板表面のリーク電流防止する。ガード導体膜は接地して用いる。

【0031】本発明は、更に、上述した絶縁特性測定方法の実施に直接用いられる絶縁特性測定装置についても開示する。

【0032】

【発明の実施の形態】本発明に係る薄膜磁気ヘッド集合体に、ウエハ状及びバー状の両タイプが含まれることは既に述べた通りである。ウエハ状薄膜磁気ヘッド集合体において、基体はウエハであり、薄膜磁気ヘッド要素はこの基体上に行列状に配列されている。

【0033】バー状薄膜磁気ヘッド集合体では、基体はバー状であり、薄膜磁気ヘッド要素は、基体の長手方向に沿って配列（一般には1列）されている。バー状薄膜

磁気ヘッド集合体は、ウエハ状薄膜磁気ヘッド集合体から切断によって切り出されたものである。この明細書では、主に、ウエハ状薄膜磁気ヘッド集合体について説明する。ウエハ状薄膜磁気ヘッド集合体についての説明の大部分は、バー状薄膜磁気ヘッド集合体にも適用可能である。

【0034】図1は本発明に係るウエハ状薄膜磁気ヘッド集合体の斜視図である。図示された薄膜磁気ヘッド集合体は、略円形状のウエハ基体1上に多数の薄膜磁気ヘッド要素Q11～Qnmを有する。ウエハ基体1は、周知のセラミック材料によって構成される。代表的にはAlTiC系セラミック材料が用いられる。薄膜磁気ヘッド要素Q11～Qnmはn行m列の格子状に配列されている。

【0035】図2は薄膜磁気ヘッド要素Q11～Qnmのいくつかを拡大して示す図、図3は図2に示された薄膜磁気ヘッド要素の一つの拡大断面図である。これらの図を参照すると、薄膜磁気ヘッド要素Q11～Qnmのそれぞれは、第1のシールド膜3と、第1の絶縁膜71と、磁気抵抗効果素子9と、第2の電極膜13と、第1の電極膜11と、第2のシールド膜5と、第2の絶縁膜72と、第1乃至第4の測定用端子51～54と、第1の抵抗膜61と、第2の抵抗膜62を含む。

【0036】図2には、第3の導電膜63、第4の導電膜64が図示されている。更に、図3には、全体を覆う第3の絶縁膜21が図示されている。第3の絶縁膜21は、例えばアルミナ膜等である。

【0037】第1のシールド膜3は、ウエハ基体1の上に積層され、第1の絶縁膜71は第1のシールド膜3の上に積層されている。第1のシールド膜3は例えばパーマロイ膜として構成される。実施例において、第1のシールド膜3及び第2のシールド膜5は、導電膜18により、電氣的に等電位となるように接続されている。これとは異なって、導電膜18を省略し、第1のシールド膜3及び第2のシールド膜5を、電氣的に互いに独立させることもできる。

【0038】磁気抵抗効果素子9は、第1の絶縁膜71の上に備えられている。磁気抵抗効果素子9は、磁気異方性磁気抵抗効果膜、または、スピバルブ膜、ペロブスカイト型磁性体もしくは強磁性トンネル接合を用いた巨大磁気抵抗効果膜(GMR)によって構成することができる。

【0039】第1及び第2の電極膜11、13は、第1の絶縁膜71の上に備えられ、磁気抵抗効果素子9の端部に接続され、一端側が磁気抵抗効果素子9から取出方向に導かれている。この場合の取出方向は、薄膜磁気ヘッドとして用いられた場合、空気ベアリング面とは反対側に向かう方向に一致する。第1及び第2の電極膜11、13は、リード電極膜65、66を介して、一般にバンプと称される取出電極25、27に導かれる。取出

電極25、27は薄膜磁気ヘッドの完成品で見たとき、空気流出側の側端面に露出される。

【0040】第2のシールド膜5は、第2の絶縁膜72の上に備えられている。第2のシールド膜5は、例えば、パーマロイ膜を含む単層または複数層の磁性膜として構成される。

【0041】第1の測定用端子51は、第1の抵抗膜61を介して、第1の電極膜11または第2の電極膜13に電氣的に導通され、第2の抵抗膜62を介して、第1のシールド膜3に電氣的に接続され、端面が外部に露出されている。第1及び第2の抵抗膜61、62は第1の絶縁膜71または第2の絶縁膜72の上に設けられてもよいし、第3の絶縁膜21(図3参照)の上に設けられていてもよい。第1及び第2の抵抗膜61、62を第3の絶縁膜21に設ける場合は、第1の測定用端子51は、第2の絶縁膜72及び第3の絶縁膜21を貫通して、第3の絶縁膜21の表面に露出する構造を有することができる。第1及び第2の抵抗膜61、62は、好ましくは電気抵抗の高い導電材料を用いることが好ましい。またその線幅を小さくし、抵抗値を上げることが好ましい。第1の抵抗膜61及び第2の抵抗膜62の抵抗値は、100Ω～100kΩの範囲に選定することが好ましい。

【0042】第3及び第4の導電膜63、64は、第1及び第2の電極膜11、13と同様に、第1の絶縁膜71の上に設けることができる。第3及び第4の導電膜63、64は、第1及び第2の抵抗膜61、62よりも電気抵抗が小さくなるような材料で構成することが望ましい。

【0043】第2の測定用端子52は、第1の測定用端子51の側において、第1の抵抗膜61に電氣的に導通し、端面が外部に露出されている。実施例において、第2の測定用端子52は、第3の導電膜63を介して、第1の抵抗膜61に電氣的に接続されている。第3の導電膜63が第1の絶縁膜71上に形成された場合は、第2の測定用端子52は、第2の絶縁膜72及び第3の絶縁膜21を貫通して、第3の絶縁膜21の表面に露出する構造となる。

【0044】第3の測定用端子53は、第1のシールド膜3の側において、第1の抵抗膜61に接続され、端面が外部に露出されている。実施例において、第3の測定用端子53は、第4の導電膜64を介して、第1の抵抗膜61に電氣的に接続されている。第4の導電膜64が第1の絶縁膜71上に形成された場合は、第3の測定用端子53は、第2の絶縁膜72及び第3の絶縁膜21を貫通して、第3の絶縁膜21の表面に露出する構造となる。

【0045】第4の測定用端子54は、第1のシールド膜3に電氣的に導通し、端面が外部に露出されている。実施例において、第4の測定用端子54は第2のシールド



ド膜5の上に形成されており、第2のシールド膜5は、導電膜18により、第1のシールド膜3に電氣的に接続されている。従って、第4の測定用端子54は、第1及び第2のシールド膜3、5と等電位になる。

【0046】実施例では、更に、薄膜磁気ヘッド要素Q11~Qnmのそれぞれは、書き込み素子となる誘導型磁気変換素子33を有する。誘導型磁気変換素子33の構造は周知である。典型的には、第2のシールド膜5によって構成される第1の磁性膜、この第1の磁性膜とともに薄膜磁気回路を構成する第2の磁性膜35、コイル膜37、ギャップ膜39及び絶縁膜41などを有している(図3参照)。第1の磁性膜5及び第2の磁性膜35の先端部は微小厚みのギャップ膜39を隔てて対向するボール部を構成する。第2のシールド膜5から分離された第1の磁性膜を有することもある。

【0047】第1の磁性膜5及び第2の磁性膜35は、そのヨーク部がボール部とは反対側にあるバックギャップ部において、磁気回路を完成するように互いに結合されている。絶縁膜41の上に、ヨーク部の結合部のまわりを渦巻状にまわるように、コイル膜を形成してある。

【0048】上述したように、ウエハ基体1上に備えられた薄膜磁気ヘッド要素Q11~Qnmのそれぞれにおいて、第1の絶縁膜71は、第1のシールド膜3の上に備えられており、第1の絶縁膜71の上に磁気抵抗効果素子9、第1の電極膜11及び第2の電極膜13が備えられているから、磁気抵抗効果素子9並びに第1及び第2の電極膜11、13が、第1のシールド膜3によってシールドされる。

【0049】第2の絶縁膜72は、第1の電極膜11、第2の電極膜13及び磁気抵抗効果素子9を覆っており、第2のシールド膜5は第2の絶縁膜72の上に備えられているから、磁気抵抗効果素子9並びに第1及び第2の電極膜11、13は、第2のシールド膜5によってシールドされる。

【0050】本発明に係る薄膜磁気ヘッド集合体において、複数の薄膜磁気ヘッド要素のそれぞれは、更に、第1及び第2の抵抗膜61、62と、第1乃至第4の測定用端子51~54とを含んでいる。第1及び第2の抵抗膜61、62は、第1の絶縁膜71によって支持されている。

【0051】第1の測定用端子51は、第1の抵抗膜61によって、第1の電極膜11に電氣的に導通され、第2の抵抗膜62によって、第1のシールド膜3に電氣的に接続されている。従って、第1の電極膜11と、第1のシールド膜3とは、第1の測定用端子51、第1及び第2の抵抗膜61、62を介して、電氣的に接続され、電氣的に等電位になる。このため、工程において、第1及び第2の電極膜11、13と、第1のシールド膜3との間に存在する第1の絶縁膜71に電圧が加わることがないから、第1の絶縁膜71に絶縁劣化または絶縁破壊

を生じるのを防止できる。

【0052】実施例の場合、第1のシールド膜3及び第2のシールド膜5が、導電膜18によって電氣的に接続されているので、第1及び第2の電極膜11、13と、第2のシールド膜5との間に存在する第2の絶縁膜72にも電圧が加わることがないから、第2の絶縁膜72に絶縁劣化または絶縁破壊を生じるのを防止できる。

【0053】次に、図4~図6を参照して、第1の絶縁膜71及び第2の絶縁膜72の電気絶縁抵抗 $R_x$ の測定原理について説明する。図4は本発明に係る絶縁特性測定方法を示す図、図5は図4に示した配置を等価的に変形した図、図6は図5に示した配置の電氣的等価回路図である。

【0054】既に述べたように、第1乃至第4の測定用端子51~54は端面が外部に露出されている。よって、図4に図示するように、第1の絶縁膜71及び第2の絶縁膜72の電気絶縁抵抗測定に当って、第1及び第4の測定用端子51、54に、直流電源81から導かれた給電用プローブ83、84を当て、第2乃至第3の測定用端子52、53に、電圧計82から導かれた測定プローブ85、86を当てることができる。

【0055】図5、図6において、電流 $i_1$ は直流電源81から供給される電流である。電流 $i_2$ は第1のシールド膜3から、第1の絶縁膜71を通り、第1または第2の電極膜11、13に流れる電流である。実施例の場合、第4の測定用端子54は、第1のシールド膜3に導電膜18を介して電氣的に接続され、更に、第2のシールド膜5にも接続されているので、電流 $i_2$ は第2の絶縁膜72を通り、第1または第2の電極膜11、13に流れる電流も含む。

【0056】電流 $i_3$ は電圧計82に流れる電流である。電流 $i_4$ は第1の抵抗膜61に流れる電流である。電流 $i_5$ は電流 $i_3$ と電流 $i_4$ との和の電流である。電流 $i_6$ は第1のシールド膜3から第2の抵抗膜62に流れ込む電流である。

【0057】抵抗 $R_1$ は第1の抵抗膜61の抵抗値、抵抗 $R_2$ は第2の抵抗膜62の抵抗値である。抵抗 $R_x$ は第1または第2の絶縁膜71、72の絶縁抵抗値である。実施例の場合、第4の測定用端子54は、第1のシールド膜3に導電膜18を介して電氣的に接続され、更に、第2のシールド膜5にも接続されているので、絶縁抵抗値 $R_x$ は第1の絶縁膜71及び第2の絶縁膜72の絶縁抵抗の並列抵抗値となる。抵抗 $R_v$ は電圧計82の内部抵抗値である。電圧計82の内部抵抗値 $R_v$ は、例えば10G $\Omega$ の高抵抗値となる。電圧計82は、アナログまたはデジタルの何れでもよい。また、コンピュータなど演算処理装置を含んでもよい。

【0058】第3の導電膜63及び第4の導電膜64は、電気抵抗値が第1及び第2の抵抗膜61、62のそれより十分に小さいものとし、電気抵抗 $R_1$ 、 $R_2$ は、

第1及び第2の抵抗膜61、62の電気抵抗によって定まるとみなす。

$$V=i_4 R_1 \quad (1)$$

$$E=i_6 R_2 \quad (2)$$

$$E=i_2 R_x+i_4 R_1 \quad (3)$$

$$E=i_2 R_x+i_3 R_v \quad (4)$$

$$i_1=i_2+i_6 \quad (5)$$

$$i_2=i_3+i_4 \quad (6)$$

$$i_3+i_4=i_5 \quad (7)$$

$$i_5+i_6=i_1 \quad (8)$$

が成立する。上記式(3)を変形して、

$$i_4=(E-i_2 R_x)/R_1 \quad (9)$$

が得られ、式(4)を変形して、

$$i_3=(E-i_2 R_x)/R_v \quad (10)$$

が得られる。

【0060】次に、式(1)と式(3)とから、

$$E=i_2 R_x+V \quad (11)$$

$$i_2=(E-V)/R_x \quad (12)$$

が得られる。式(9)及び式(10)を式(6)に代入すると、

$$\begin{aligned} i_2 &= (E-i_2 R_x)/R_v + (E-i_2 R_x)/R_1 \\ &= \{(R_1+R_v)E - (R_1+R_v)i_2 R_x\} / R_1 R_x \end{aligned} \quad (13)$$

が得られる。式(13)を式(12)に代入すると、

$$\begin{aligned} (E-V)/R_x &= \{(R_1+R_v)E - (R_1+R_v)i_2 R_x\} / R_1 R_x \\ &= V\{(1/R_v) + (1/R_1)\} \end{aligned} \quad (14)$$

式(14)より、 $R_x$ を求めると、

$$R_x = (E-V) / V \{(1/R_v) + (1/R_1)\} \quad (15)$$

となる。

【0061】式(15)において、直流電圧 $E$ は直流電源81から出力される印加電圧、電位差 $V$ は電圧計82によって検出された電位差、抵抗値 $R_v$ は電圧計82の内部抵抗値、抵抗 $R_1$ は第1の抵抗膜61の抵抗値であり、何れも既知である。よって、第1及び第2の絶縁膜71、72の絶縁抵抗値 $R_x$ を測定し、その値から、第1及び第2の絶縁膜71、72の絶縁劣化を判定することができる。

【0062】上述した電気絶縁抵抗測定法によれば、第1の絶縁膜71と、第1または第2の電極膜11、13とを接続する第1、第2の抵抗膜61、62、及び、第3、第4の導電膜63、64を切断する必要がない。このため、製造工程が短縮され、量産性が向上するとともに、加工ミスの確率を低下させ、歩留を向上させることができる。

【0063】図7は本発明に係る薄膜磁気ヘッド集合体の別の実施例を示す一部拡大図である。この実施例では、第1の測定用端子51は、第1の抵抗膜61によって、第1の電極膜11または第2の電極膜13に電気的に導通され、第2の抵抗膜62によって第2のシールド膜5に電気的に接続される。第2の測定用端子52は、第1の測定用端子51の側において、第1の抵抗膜61に電気的に導通する。第3の測定用端子53は、第2の

シールド膜5の側において、第1の抵抗膜61に接続される。第4の測定用端子54は、第2のシールド膜5に電気的に導通する。

【0064】第1の測定用端子51は、第1の抵抗膜61によって、第1または第2の電極膜11、13に電気的に導通され、第2の抵抗膜62によって、第2のシールド膜5に電気的に接続されている。従って、第1または第2の電極膜11、13と、第2のシールド膜5とは、第1の測定用端子51、第1及び第2の抵抗膜61、62を介して、電気的に接続され、電気的に等電位になる。このため、工程において、第1及び第2の電極膜11、13と、第2のシールド膜5との間に存在する第2の絶縁膜72に電圧が加わることがないから、第2の絶縁膜72に絶縁劣化または絶縁破壊を生じるのを防止できる。

【0065】更に、第2の測定用端子52は、第1の測定用端子51の側において、第1の抵抗膜61に電気的に導通する。第3の測定用端子53は、第2のシールド膜5の側において、第1の抵抗膜61に接続されている。第4の測定用端子54は第2のシールド膜5に電気的に導通される。この構成によれば、第1の測定用端子51と第4の測定用端子54との間に、電圧を印加し、第2の測定用端子52と第3の測定用端子53との間に現れる電位差を測定することより、第2の絶縁膜72の

電気絶縁抵抗を測定することができる。第1乃至第4の測定用端子51〜54は外部に露出しているから、図4で説明したように、電気絶縁抵抗測定に当って、第1乃至第4の測定用端子51〜54に、直流電源81の給電用プローブ83、84、及び、電圧計82の測定プローブ85、86を当てることができる。

【0066】この実施例の場合も、第2のシールド膜5と、第1または第2の電極膜11、13とを接続する第1または第2の抵抗膜61、62を切断する必要がない。このため、製造工程が短縮され、量産性が向上するとともに、加工ミスの確率を低下させ、歩留を向上させることができる。

【0067】第1のシールド膜3及び第2のシールド膜5を、導電膜18（図3参照）と電氣的に導通させた場合は、第1及び第2の絶縁膜71、72の絶縁抵抗を並列に接続した合成抵抗を測定することができる。その値は、第1及び第2の絶縁膜71、72のうち、絶縁破壊等を起こし、絶縁抵抗値の低下した絶縁膜の絶縁抵抗値によって支配されるから、第1及び第2の絶縁膜71、72の何れかに絶縁破壊等が起こっていることを検知することができる。

【0068】本発明では、微小電圧を測定することになるため、磁気ヘッドに使用される異なる材料間の接合面、及び、第2及び第3の測定用端子52、53と、測定用プローブ85、86との間の異種金属接触箇所、並びに、測定装置の配線中に存在する異種材料接触箇所において、接触材間の温度差に起因する熱起電力を無視できないことがある。熱起電力の影響をキャンセルする手段としては、電圧を印加するステップを、印加電圧の値を変えて、少なくとも2回実行し、得られた電位差の差分、及び、印加電圧の差分から、絶縁特性を算出する方法が有効である。

【0069】また、上述した実施例では、第1及び第4の測定用端子51、54に、直流電源81から導かれた給電用プローブ83、84を当て、第2乃至第3の測定用端子52、53に、電圧計82から導かれた測定プローブ85、86を当てる標準タイプを示したが、ウエハ中の大半の素子が、絶縁抵抗値の規格値を満たす場合には、次の方法を採用することもできる。

(a) 第2の測定用端子52と第4の測定用端子54との間に電圧を印加し、第2の測定用端子52と第3の測定用端子53との間に現れる電位差より、絶縁特性を測定する方法。

(b) 第1の測定用端子51と第4の測定用端子54との間に電圧を印加し、第1の測定用端子51と第3の測定用端子53との間に現れる電位差より、絶縁特性を測定する方法。

$$R_{x1} = (E - V_1) R_1 R_3 / (R_3 V_1 - R_1 V_3)$$

$$R_{x2} = (E - V_1 - V_3) R_3 / V_3$$

上記の(16)式及び(17)式により、第1の絶縁膜

(c) 第2の測定用端子52と第4の測定用端子54との間に電圧を印加し、第1の測定用端子51と第3の測定用端子53との間に現れる電位差より、絶縁特性を測定する方法。

【0070】更に、要求される精度が許容するならば、第1及び第2の測定用端子51、52の何れか一方を省略することもできる。

【0071】図8は、その一例として、第1の測定用端子51を省略し、第2の測定用端子52を残した薄膜磁気ヘッド集合体の例を示す。図において、先に示した図面に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付し、重複説明は省略する。

【0072】図9は図8に示した磁気ヘッド集合体の絶縁特性測定方法を示す図である。図9に示すように、第2の測定用端子52と第4の測定用端子54との間に電圧を印加し、第2の測定用端子52と第3の測定用端子53との間に現れる電位差より、絶縁特性を測定する。

【0073】図10は本発明に係る薄膜磁気ヘッド集合体の別の実施例を示す一部拡大図、図11は図10に示された薄膜磁気ヘッド要素の一つの拡大断面図である。図において、先に示した図面に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付し、重複説明は省略する。図示された実施例の特徴は、第1のシールド膜3の上に形成された第5及び第6の測定用端子55、56を、保護膜21の表面に露出させたこと、及び、第1のシールド膜3と第2のシールド膜5とを、第3の抵抗膜19によって接続したことである。第3の抵抗膜19は、例えば、10kΩの高抵抗である。

【0074】図12は図10、11に示した薄膜磁気ヘッド集合体の絶縁特性測定方法を示す図である。図12において、参照符号 $R_{x1}$ は、第1のシールド膜3と、第1及び第2の電極膜11、13との間に介在する第1の絶縁膜71の絶縁抵抗値、参照符号 $R_{x2}$ は、第2のシールド膜5と第1及び第2の電極膜11、13との間に介在する第2の絶縁膜72の絶縁抵抗値（図10、11参照）である。

【0075】絶縁特性の測定に当っては、第1及び第5の測定用端子51、55の間に直流電圧 $E$ を印加し、第2の測定用端子52と第3の測定用端子53との間に現れる電位差 $V_1$ 、及び、第4の測定用端子54と第6の測定用端子56との間に現れる電位差 $V_3$ を、電圧計82及び801でそれぞれ測定する。

【0076】ここで、電圧計82、801の内部抵抗及び熱起電力の影響を無視すると、第1の絶縁膜71の絶縁抵抗 $R_{x1}$ 、及び、第2の絶縁膜72の絶縁抵抗 $R_{x2}$ の値は、次の式によって求められる。

【0077】

$$(16)$$

$$(17)$$

71の絶縁抵抗 $R_{x1}$ 、及び、第2の絶縁膜72の絶縁

抵抗  $R \times 2$  の値を算出することができる。

【0078】次に、電圧計82、801の内部抵抗及び熱起電力の影響を考慮した場合の算出式について説明する。直流電源81から、第1の測定用端子51及び第5の測定用端子55に印加される印加電圧を  $E$  とし、回路中に、 $n$  個の熱起電力源が含まれており、それぞれが熱起電力（電圧）を  $e_1, e_2, \dots, e_n$  を有するものとし、電圧計82、801の内部抵抗を、それぞれ、 $R_v1, R_v3$  とする。

【0079】測定手法としては、まず、電圧計82、801の内部抵抗  $R_v1, R_v3$  を考慮に入れた算出式を導き出す。そのためには、電圧計82、801によって現実に得られた電圧値を  $V1, V3$  とし、電圧計82、801を、内部抵抗  $R_v1, R_v3$  を持つ電圧計と、内

$$R_{x1} = (E - V1) R_1 R_3 / (R_3 V1 - R1 V3) \quad (18)$$

$$R_{x2} = (E - V1 - V3) R_3 / V3 \quad (19)$$

となる。

【0082】次に、熱起電力を考慮に入れた場合について考察する。まず、各熱起電力を電圧源とみなし、各電圧源毎に、その電圧源のみが存在し、他の電圧源が短絡されていると考えたときに、端子52-53、51-55間に現れる電圧値を算出し、その後、重ね合わせの理

$$V1 = A E + b1 e1 + b2 e2 + \dots + bn en \quad (20)$$

$$V2 = C E + d1 e1 + d2 e2 + \dots + dn en \quad (21)$$

と表現できる。

【0083】次に、2回目の測定を、印加電圧を電圧値

$$V1' = A E' + b1 e1 + b2 e2 + \dots + bn en \quad (22)$$

$$V2' = C E' + d1 e1 + d2 e2 + \dots + dn en \quad (23)$$

式(20) - 式(22)、式(21) - 式(23)より、

$$V1 - V1' = A (E - E') \quad (24)$$

$$V3 - V3' = C (E - E') \quad (25)$$

となり、熱起電力による電圧を消去した式(24)、(25)が導かれる。式(24)、(25)は、絶縁抵抗  $R \times 1, R \times 2$  を含んだ独立な式である。これらの式(24)、(25)によれば、直流電源81の印加電圧を、直流電圧  $E, E'$  のように変化させ、そのときの電

$$R_{x1} = (E - E' - V1 + V1') / \{ (1/R1 + 1/Rv1) (V1 - V1') - (1/R3 + 1/Rv3) (V3 - V3') \} \quad (26)$$

$$R_{x2} = (E - E' - V1 + V1' - V3 + V3') / \{ (1/R3 + 1/Rv3) (V3 - V3') \} \quad (27)$$

となる。式(26)、(27)は、式(18)、(19)の  $E$  を  $(E - E')$  で置き換え、 $V1$  を  $(V1 - V1')$  で置き換え、 $V3$  を  $(V3 - V3')$  で置き換えた式にほかならない。

【0084】ところで、熱起電力の発生原因となる熱的な不均一性に対して、電圧を印加することにより発生する電流自身による発熱が大きく寄与する場合がある。この場合は、電流の大きさが2回の測定で異なれば、電流による発熱が変化する結果として、熱起電力の値が変化してしまうため、前述した熱起電力の消去法は成り立たなくなる。

部抵抗  $R_v1, R_v3$  が無限大の理想的な電圧計とに分離して、それぞれの場合の等価回路を考える。

【0080】測定回路中で、電圧計82、801の内部抵抗  $R_v1, R_v3$  を考慮に入れることは、内部抵抗  $R_v1, R_v3$  を考慮に入れない上掲式(16)、(17)において、 $R1$  を

$$1 / (1/R1 + 1/Rv1)$$

で置き換え、 $R3$  を

$$1 / (1/R3 + 1/Rv3)$$

で置き換えてから、内部抵抗  $R_v1, R_v3$  が無限大の理想的な電圧計を接続し、測定することと等価である。

【0081】従って、内部抵抗  $R_v1, R_v3$  を考慮した場合、式(16)、(17)は、

に従って重ね合わせるにより、電圧値  $V1, V3$  を算出することができる。具体的には、 $A, b1, b2, \dots, bn, C, d1, d2, \dots, dn$  を、電源直流電圧  $E$ 、熱起電力  $e1, e2, \dots, en$  を含まない抵抗値  $R1, R2, R_{x1}, R_{x2}, R_v1, R_v3$  の有理化式として、

$E$  から、電圧値  $E'$  に変えて同様の測定を行ったとすると、

$$V1' = A E' + b1 e1 + b2 e2 + \dots + bn en \quad (22)$$

$$V2' = C E' + d1 e1 + d2 e2 + \dots + dn en \quad (23)$$

圧値  $V1, V1'$  及び  $V3, V3'$  を測定することにより、熱起電力の影響を除去して、絶縁抵抗  $R \times 1, R \times 2$  を測定することができる。このときの絶縁抵抗  $R \times 1, R \times 2$  は、

【0085】この問題に対しては、2回の測定において、印加する電圧を、符号が異なり絶対値が等しい値とすることにより、電流による発熱をほぼ一定とすることができる。こうすることにより、この場合でも熱起電力の消去法を有効に用いることができるようになる。

【0086】また、第2の抵抗膜62の抵抗値  $R2$  が小さすぎると、そこで発生する熱が大きくなる結果、熱起電力が大きくなり、測定精度が低下し易い。この問題を回避する手段として、第2の抵抗膜62の抵抗値  $R2$  は、100Ω以上の範囲に設定することが望ましい。

【0087】一方、抵抗値  $R2$  が大きすぎると、ウエハ

プロセスでの電氣的保護が不十分になると共に、抵抗体がウエハ上で示す面積が大きくなってしまふ。従つて、抵抗値 $R_2$ は $100\text{ k}\Omega$ 以下であることが好ましい。第1の抵抗膜61の抵抗値 $R_1$ も同様である。

【0088】図13は本発明に係る薄膜磁気ヘッド集合体の別の実施例を示す図である。図において、先に示された図面に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付し、重複説明は省略する。この実施例の特徴は、ガード導体膜50を含むことである。ガード導体膜50は、第2または第3の測定用端子52、53の少なくとも一方を包囲する。実施例では、ガード導体膜50は、前記第2の測定用端子52に導通し、第3の測定用端子53を包囲する。この構成によれば、第3の測定用端子53から、それと異なる電位にある導体、例えば、第2の測定用端子52または第4の測定用端子54へ、基板表面を通して漏洩する漏れ電流を抑制できる。従つて、測定精度が向上する。

【0089】測定に当っては、ガード導体膜50に、ケーブル線88のシールド線に接続されたプローブ87を当てると共に、第1の測定用端子51と第4の測定用端子54との間に直流電圧 $E$ を印加し、第2の測定用端子52と第3の測定用端子53との間に現れる電位差より、絶縁特性を測定する。

【0090】図14は本発明に係る薄膜磁気ヘッド集合体の別の実施例を示す図である。図において、先に示された図面に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付し、重複説明は省略する。この実施例では、ガード導体膜50は、第3の測定用端子53に導通し、前記第2の測定用端子52を包囲する。この構成によれば、第2の測定用端子52から、それと異なる電位にある導体、例えば、第3の測定用端子53または第4の測定用端子54へ、基板表面を通して漏洩する漏れ電流を抑制できる。従つて、測定精度が向上する。

【0091】測定に当っては、ガード導体膜50に、ケーブル線88のシールド線に接続されたプローブ87を当てると共に、第1の測定用端子51と第4の測定用端子54との間に直流電圧 $E$ を印加し、第2の測定用端子52と第3の測定用端子53との間に現れる電位差より、絶縁特性を測定する。

【0092】図15は本発明に係る薄膜磁気ヘッド集合体の別の実施例を示す図である。図において、先に示された図面に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付し、重複説明は省略する。この実施例では、ガード導体膜50は、第2及び第3の測定用端子52、53の両者を包囲する。この構成によれば、第2及び第3の測定用端子52、53から、それと異なる電位にある導体、例えば、第4の測定用端子54へ、基板表面を通して漏洩する漏れ電流を抑制できる。従つて、測定精度が向上する。

【0093】測定に当っては、ガード導体膜50に、ケーブル線880のシールド線に接続されたプローブ87を当てると共に、第1の測定用端子51と第4の測定用端子54との間に直流電圧 $E$ を印加し、第2の測定用端子52と第3の測定用端子53との間に現れる電位差より、絶縁特性を測定する。

【0094】図13～図15は、図2～図6に示した実施例において、ガード導体膜50を付設した例であるが、図7～図12に示した実施例においても、適用が可能である。

【0095】図16は本発明に係る絶縁特性測定方法の実施に適した絶縁特性測定装置の構成を示すブロック図である。図示された絶縁特性測定装置100は、図13～図15に示した薄膜磁気ヘッド集合体の絶縁特性測定に適した例であつて、多チャンネル（実施例は3チャンネル）化された例であり、直流電源81と、電圧計82を含む。直流電源81及び電圧計82は絶縁測定装置100の筐体の内部に収納されている。更に、実施例では、切替部S1、S2を有する。

【0096】直流電源81は、ケーブル890、デュープレクサ等で構成される切替部S1及びケーブル891～893を介して、第1の測定用端子51及び第4の測定用端子54（図13～図15参照）に直流電圧 $E$ を供給する。ケーブル890は、直流電源81から供給される直流電圧 $E$ を、切替部S1に供給する。切替部S1は、スイッチS11～S13を含み、スイッチS11～S13の切替動作により、ケーブル890を介して供給される直流電圧 $E$ をケーブル891～893に選択的に供給する。切替部S1を、有接点スイッチによって構成する場合、接点S11～S31は熱起電力の小さな材質によって構成する。

【0097】図示実施例において、ケーブル891～893は3つの測定チャンネル（C11～CH13）を構成しているが、測定チャンネル数は任意でよい。測定チャンネル（C11～CH13）のそれぞれは、プローブ83、84を有しており、これらは、図13～図15において、第1の測定用端子51、及び、第4の測定用端子54に直流電圧 $E$ を印加するために用いられる。

【0098】ケーブル890～893は、浮遊容量等起因するノイズの影響を除くため、シールドを備えるケーブル、またはガード線付ケーブルが適している。実施例では、ケーブル890～893として、シールドを備えるケーブルを用いており、シールドはケーブル890～893の相互間で互いに接続され、更に、直流電源81の正極に接続されている。

【0099】電圧計82は、高入力インピーダンスのオペアンプ821、マイクロコンピュータ等の演算処理装置822を含み、絶縁測定信号 $Z$ を生成する。オペアンプ821は、正電源823及び負電源824を受けて動作する。

【0100】電圧計821には、ケーブル880、デュプレクサ等の切替部S2、及びケーブル881～883を介して、電圧検出信号が供給される。

【0101】ケーブル881～883は3つのチャンネル(CH21～CH23)を構成している。但し、測定チャンネル数は任意でよい。ケーブル881～883は、シールドを備える平衡伝送ケーブル、またはガード線付ツイストペア線、または、3芯BNC線が適している。

【0102】図示実施例のケーブルケーブル881～883は、シールドを備えるケーブルである。シールドはケーブル880～883の相互間で互いに接続されると共に、更に、直流電源81の陽極、直流電源824の陽極、及び、直流電源823の負極に接続されている。シールドラインと、絶縁測定装置100の筐体101との間にはキャパシタ825が接続され、筐体101は接地されている。

【0103】チャンネル(C21～CH23)のそれぞれは、プローブ85～87を有している。プローブ85、86は第2の測定用端子52、及び、第3の測定用端子53(図13～図15参照)に接触して用いられ、プローブ87はガード導体膜50に接触して用いられる。

【0104】切替部S2は、スイッチ(S21、S22)～(S41、S42)を含み、スイッチ(S21、S22)～(S41、S42)の切替動作により、ケーブル881～883を介して供給される電圧信号をケーブル880に選択的に供給する。切替部S2を、有接点スイッチによって構成する場合、接点(S21、S22)～(S41、S42)は熱起電力の小さな材質によって構成する。

【0105】図16は、図13～図15に示した薄膜磁気ヘッド集合体の絶縁特性測定に適した絶縁測定装置の例であるが、若干の変更を加えて、他の実施例にも適用可能である。

【0106】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、次のような効果が得られる。

(a) 工程中に、シールド膜と電極膜との間の絶縁膜の絶縁劣化または絶縁破壊を防止し得る薄膜磁気ヘッド集合体、及び、その絶縁特性測定方法を提供することができる。

(b) シールド膜と電極膜との間の絶縁特性を、両者を接続する導電膜を切断することなく測定し得る薄膜磁気ヘッド集合体、及び、その絶縁特性測定方法を提供する

ことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る薄膜磁気ヘッド集合体の斜視図である。

【図2】薄膜磁気ヘッド要素のいくつかを拡大して示す図である。

【図3】図2に示された薄膜磁気ヘッド要素の一つの拡大断面図である。

【図4】本発明に係る絶縁特性測定方法を示す図である。

【図5】図4に示した配置を等価的に変形した図である。

【図6】図5に示した配置の電気的等価回路図である。

【図7】本発明に係る薄膜磁気ヘッド集合体の別の実施例を示す図である。

【図8】本発明に係る薄膜磁気ヘッド集合体の別の実施例を示す一部拡大図である。

【図9】図8に示した磁気ヘッド集合体の絶縁特性測定方法を示す図である。

【図10】本発明に係る薄膜磁気ヘッド集合体の別の実施例を示す一部拡大図である。

【図11】図10に示された薄膜磁気ヘッド集合体似含まれる薄膜磁気ヘッド要素の一つの拡大断面図である。

【図12】図10、11に示した薄膜磁気ヘッド集合体の絶縁特性測定方法を示す図である。

【図13】本発明に係る薄膜磁気ヘッド集合体の更に別の実施例を示す図である。

【図14】本発明に係る薄膜磁気ヘッド集合体の更に別の実施例を示す図である。

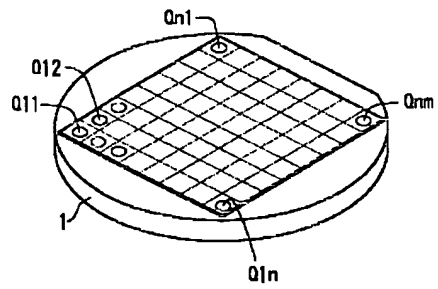
【図15】本発明に係る薄膜磁気ヘッド集合体の更に別の実施例を示す図である。

【図16】本発明に係る絶縁特性測定方法の実施に適した絶縁特性測定装置の構成を示すブロック図である。

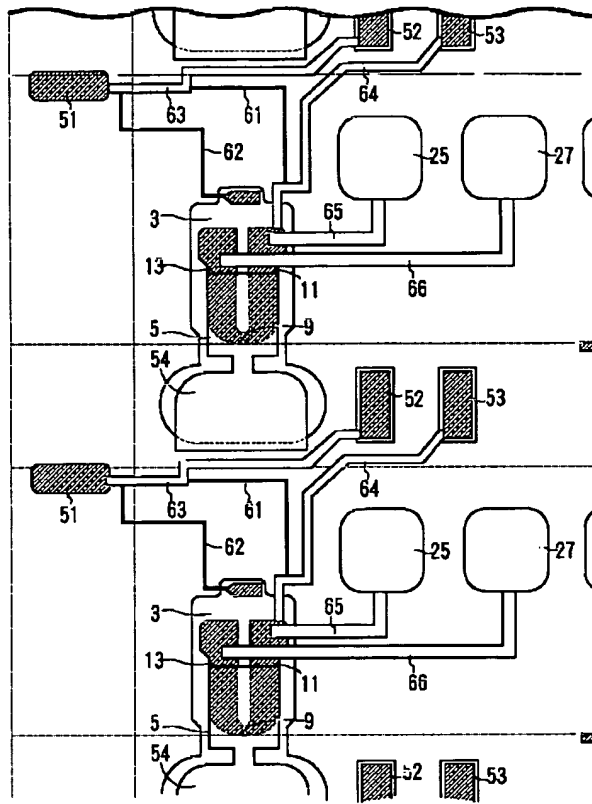
【符号の説明】

1	ウエハ基体
3	第1のシールド膜
5	第2のシールド膜
51～54	第1乃至第4の測定用端子
71	第1の絶縁膜
72	第2の絶縁膜
61、62	第1及び第2の抵抗膜
9	磁気抵抗効果素子
11	第1の電極膜
13	第2の電極膜

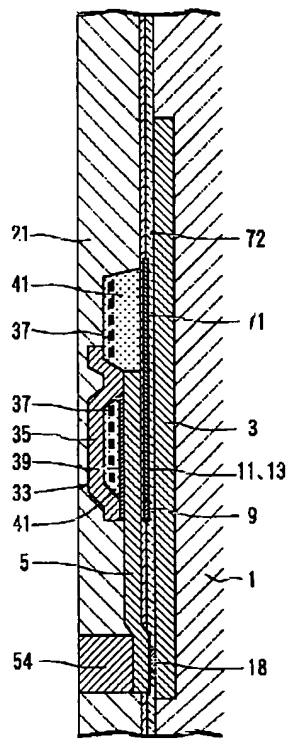
【図1】



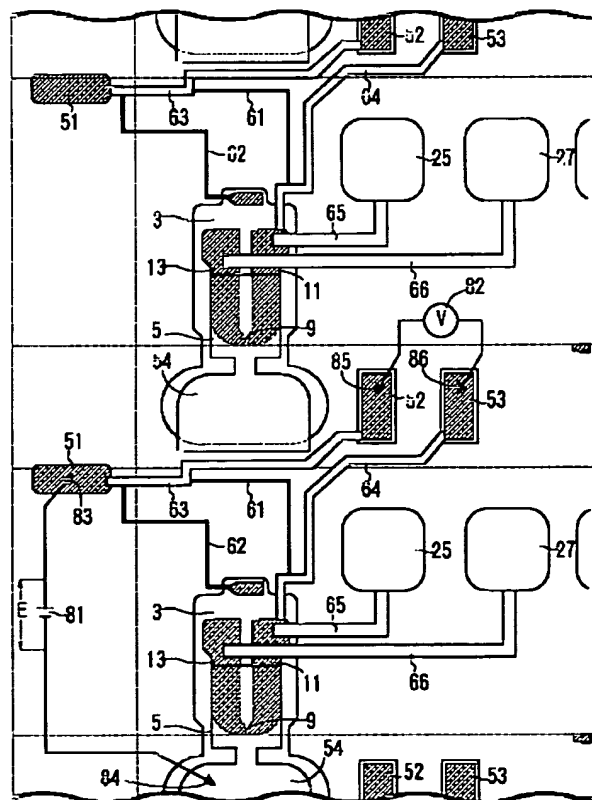
【図2】



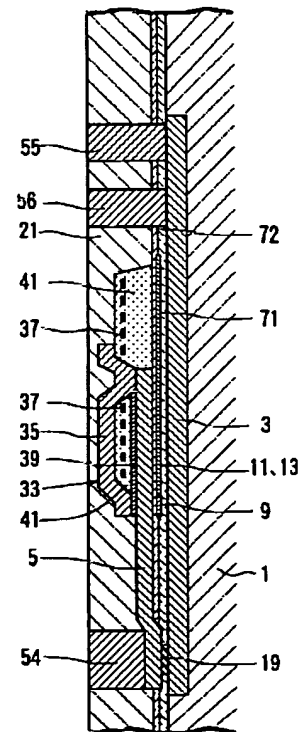
【図3】



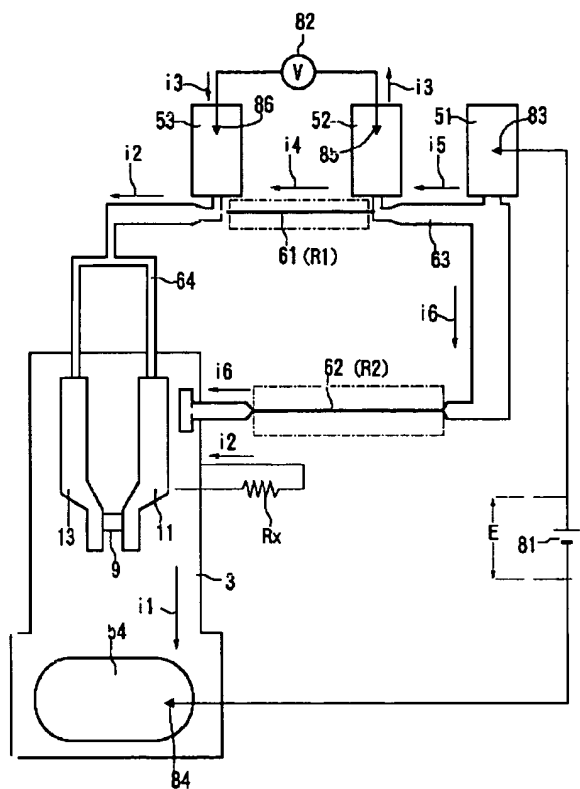
【図4】



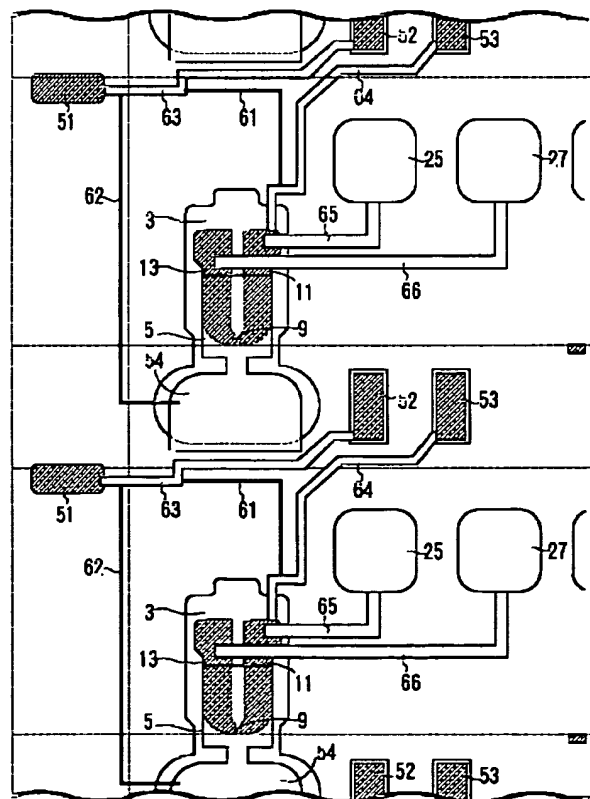
【図11】



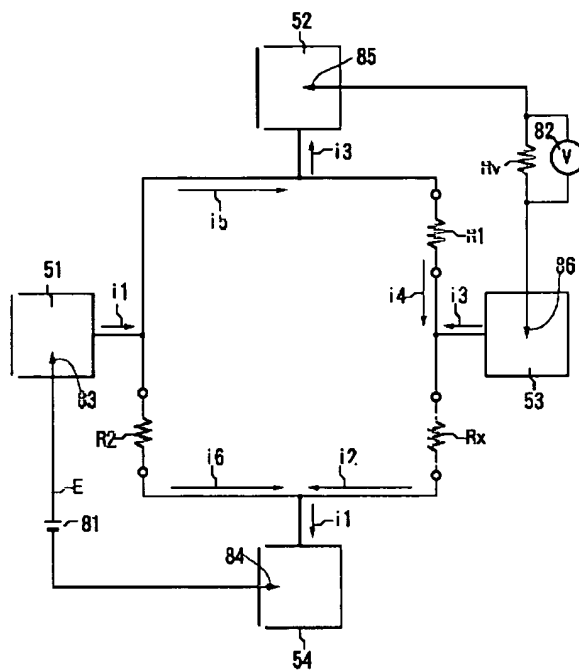
【図5】



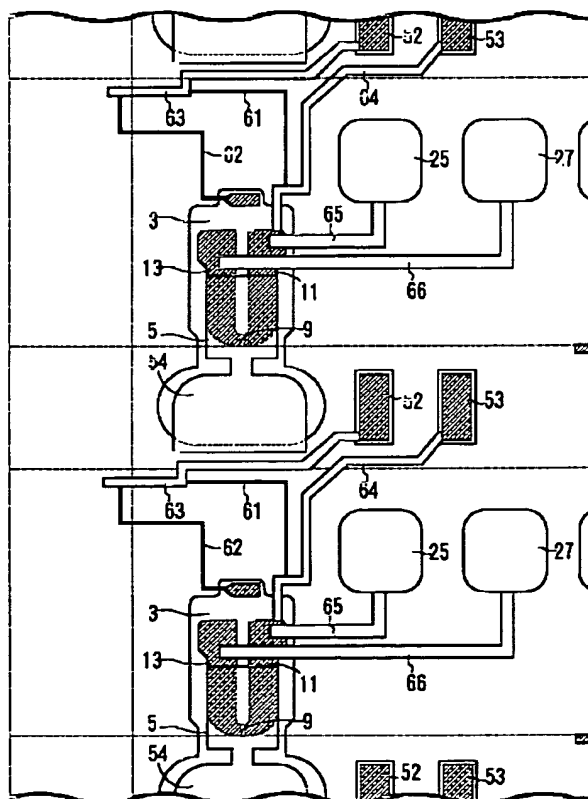
【図7】



【图6】

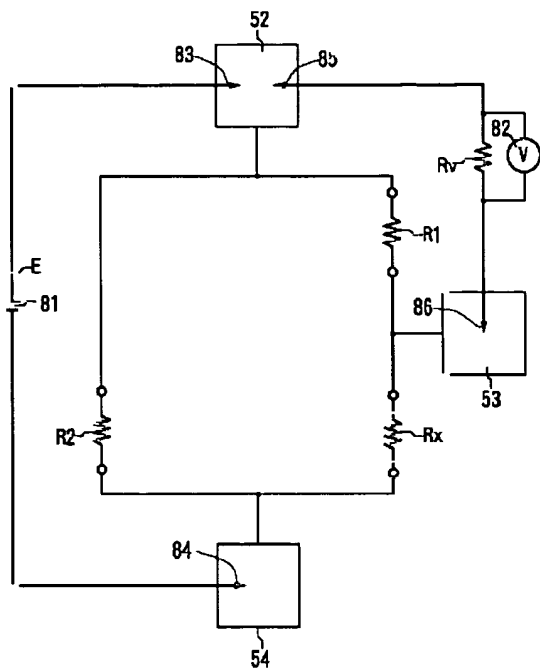


【図8】

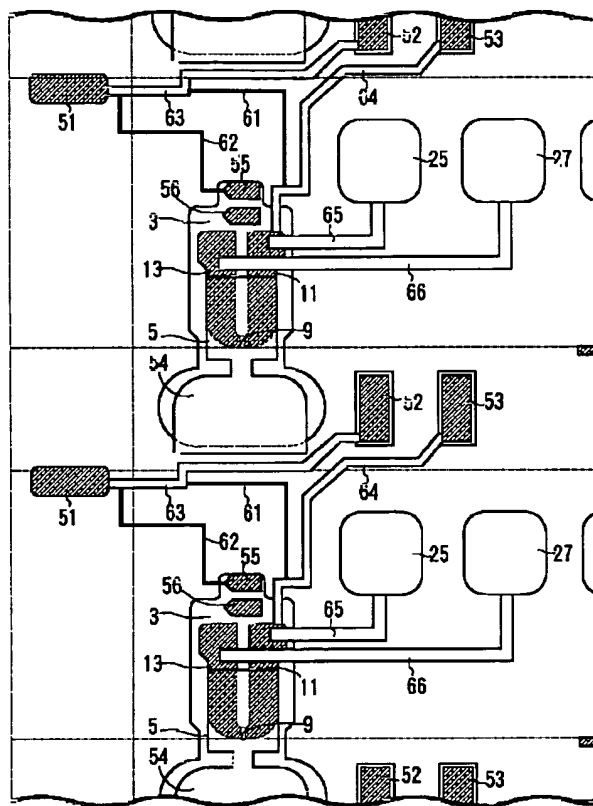




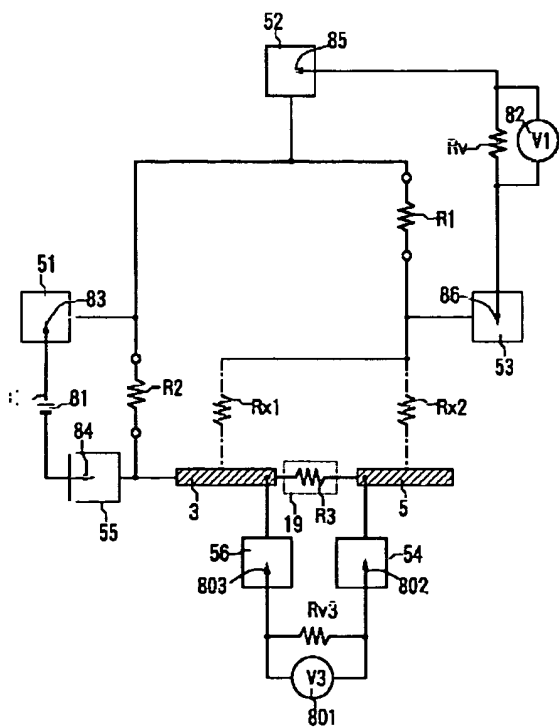
【図9】



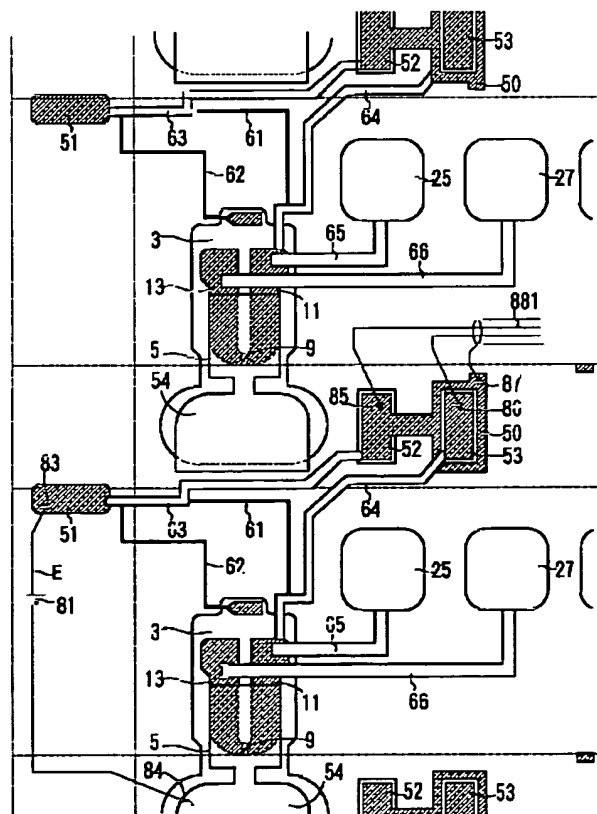
【図10】



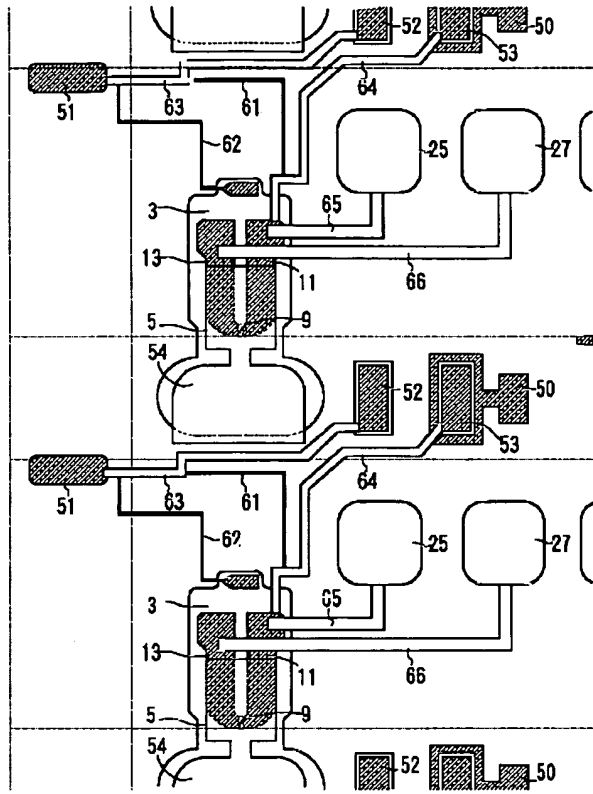
【図12】



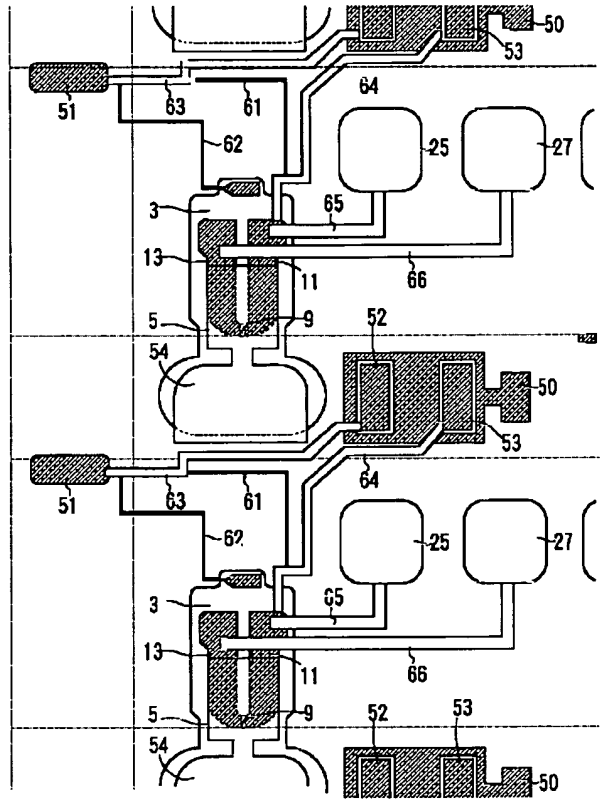
【図13】



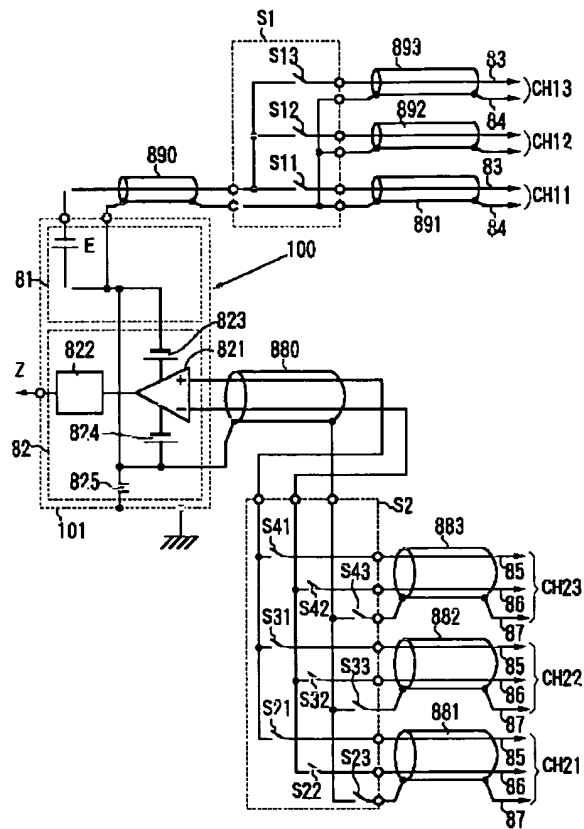
【図14】



【図15】



【図 16】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 L 43/08  
43/12

識別記号

F I  
H 0 1 L 43/12  
G 0 1 R 33/06

(参考)

R

(72)発明者 澤井 清武  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ  
ーディーケイ株式会社内  
(72)発明者 長谷川 靖洋  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ  
ーディーケイ株式会社内

(72)発明者 桑島 哲哉  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ  
ーディーケイ株式会社内  
Fターム(参考) 2G014 AA15 AB25 AC18  
2G017 AD55 AD65  
5D034 BA02 BA03 BA08 BA15 BB02  
BB08 BB14 CA07  
5E049 AC05 BA12 CB01

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**